

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340516

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 10-144168

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.05.1998

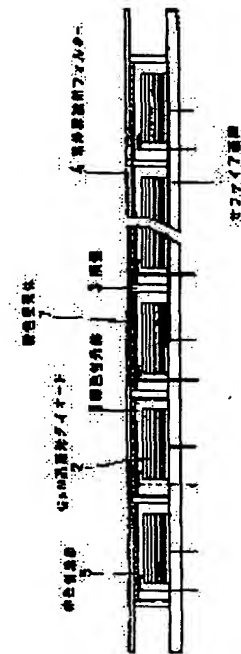
(72)Inventor : NAKAO ISAMU
OKI YUTAKA

(54) DISPLAY DEVICE AND ILLUMINATOR THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high luminance, high-resolution, and thin display device which does not consume much electric power, and an illuminator thereof.

SOLUTION: In a color display device which is provided with a GaN-based light-emitting diode array on a substrate 1 and a red phosphor 5, a green phosphor 6, and a blue phosphor 7 correspondingly to each GaN-based light-emitting diode 2 and causes the phosphors 5, 6, and 7 to emit light by exciting the phosphors 5, 6, and 7 with light emitted from each diode 2, the phosphors 5, 6, and 7 are constituted of crystals having crystal grain diameters, which are twice that of the exciton Bohr radius or smaller. It is also possible to use the blue light rays emitted from the diodes as they are without providing the blue phosphor 7. When a white phosphor is used, a white illuminator can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-340516

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

N

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-144168

(22) 出願日 平成10年(1998) 5 月26日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 中尾 勇

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 大木 裕

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

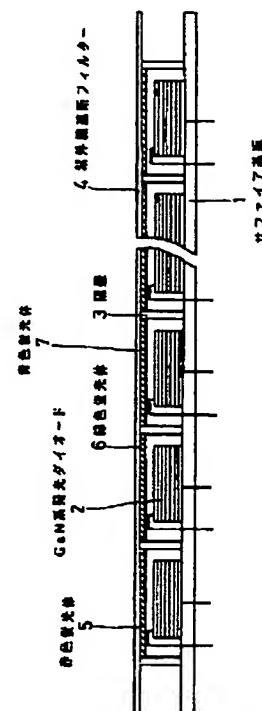
(74) 代理人 弁理士 杉浦 正知

(54) 【発明の名称】 表示装置および照明装置

(57) 【要約】

【課題】 高輝度、高解像度、低消費電力、薄型の表示装置および照明装置を提供する。

【解決手段】 基板1上にGaN系発光ダイオードアレイを設け、各GaN系発光ダイオード2に対応して赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7を設け、各GaN系発光ダイオード2から発せられる光によりこれらの赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7を励起して発光させるカラー表示装置において、赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7を粒径が励起子ボア半径の2倍以下の結晶により構成する。青色蛍光体7を設けず、GaN系発光ダイオード2から発せられる青色の光をそのまま用いてもよい。蛍光体として白色蛍光体を用いることにより、白色の照明装置を得ることができる。



(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた発光素子と、

上記発光素子から発せられる光により励起される蛍光体とを有する表示装置において、

上記蛍光体が励起子ボーア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることを特徴とする表示装置。

【請求項2】 上記結晶の表面のダングリングボンドがターミネイトされていることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

【請求項3】 上記結晶が量子井戸構造を有することを特徴とする請求項1記載の表示装置。

【請求項4】 上記発光素子がアレイ状に配置されていることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

【請求項5】 上記蛍光体は赤色発光部、緑色発光部および青色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体のそれぞれに対応して上記発光素子が設けられ、上記発光素子から発せられる光によりこれらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色、緑色および青色を発光するように構成されていることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

【請求項6】 上記蛍光体は赤色発光部および緑色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体および緑色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体および緑色蛍光体のそれぞれに対応して上記発光素子が設けられているとともに、青色発光部に上記発光素子が設けられ、上記発光素子から発せられる光によりこれらの赤色蛍光体および緑色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色および緑色を発光するとともに、上記青色発光部に設けられた上記発光素子から直接青色を発光するように構成されていることを特徴とする請求項1記載の表示装置。

【請求項7】 上記赤色蛍光体および上記緑色蛍光体を構成する結晶は $Zn_{1-x}Cd_xSe$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）からなり、上記青色蛍光体を構成する結晶は $ZnSe$ からなることを特徴とする請求項5記載の表示装置。

【請求項8】 上記赤色蛍光体および上記緑色蛍光体を構成する結晶は $Zn_{1-x}Cd_xSe$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）からなることを特徴とする請求項6記載の表示装置。

【請求項9】 窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた発光素子と、
上記発光素子から発せられる光により励起される蛍光体とを有する照明装置であって、
上記蛍光体が励起子ボーア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることを特徴とする照明装置。

【請求項10】 上記結晶の表面のダングリングボンドがターミネイトされていることを特徴とする請求項9記載の照明装置。

【請求項11】 上記結晶が量子井戸構造を有することを特徴とする請求項9記載の照明装置。

【請求項12】 上記発光素子がアレイ状に配置されていることを特徴とする請求項9記載の照明装置。

【請求項13】 上記蛍光体は赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体が混在した白色蛍光体からなり、上記発光素子から発せられる光により上記白色蛍光体を構成する上記赤色蛍光体、上記緑色蛍光体および上記青色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色、緑色および青色を発光することにより白色を発光するように構成されていることを特徴とする請求項9記載の照明装置。

【請求項14】 上記赤色蛍光体および上記緑色蛍光体を構成する結晶は $Zn_{1-x}Cd_xSe$ （ただし、 $0 < x \leq 1$ ）からなり、上記青色蛍光体を構成する結晶は $ZnSe$ からなることを特徴とする請求項13記載の照明装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、表示装置および照明装置に関し、特に、窒化物系ⅢⅢⅢ-V族化合物半導体を用いた発光素子およびこの発光素子から発せられる光により励起される蛍光体を用いた表示装置および照明装置に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】GaN系半導体は直接遷移半導体であり、その禁制帯幅は1.9eVから6.2eVに亘っており、可視領域から紫外線領域におよぶ発光が可能な発光素子の実現が可能であることから、近年注目を集めており、その開発が活発に進められている。

【0003】このようなGaN系発光素子を用いた装置として、全色画像表示装置が提案されている（特開平8-63119号公報）。この全色画像表示装置においては、基板上に配置されたGaN系発光ダイオードアレイによってそれぞれ赤、緑および青の3原色を発する蛍光体を励起するか、あるいは、GaN系発光ダイオードアレイによってそれぞれ赤および緑の蛍光体を励起し、青にはGaN系発光ダイオードの発光を用いる。

【0004】一方、次世代の表示装置としては、高輝度かつ高解像度であることが望まれている。このうち輝度は、発光ダイオードの出力と蛍光体の量子効率とで決まるため、蛍光体としてはより量子効率の高いものが望まれる。また、解像度は画素の大きさに決まってしまうため、蛍光材料を塗布することにより蛍光面を形成する場合には、画素の大きさに合わせて蛍光体結晶粒子の大きさも小さくしなければならない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、一般に蛍光体結晶表面近傍は表面準位による非発光再結合が支配的になり、ほとんど発光に寄与しない。このため、蛍光体の結晶粒子を小さくしていくと量子効率は減少する。特

(3)

3

に粒径1 μm 程度以下では、この減少が著しいと言われている。

【0006】また、エピタキシャル成長、真空蒸着、スパッタリングなどで蛍光材料を成膜することにより蛍光面を形成することも可能であるが、これらの方法では、屈折率の大きい蛍光体面内で導波的に光が伝搬し、光が外に放射されにくくなってしまうという不都合がある。

【0007】以上のような理由により、これまでは、GaN系発光素子を用いた、高輝度かつ高解像度の表示装置の実現は困難であった。

【0008】したがって、この発明の目的は、高輝度、高解像度、低消費電力、薄型の表示装置を提供することにある。

【0009】この発明の他の目的は、高輝度、低消費電力、薄型、全固体型の照明装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】結晶サイズを励起子ボーア半径程度まで小さくすると（以降このような結晶を

4
*「ナノクリスタル」と呼ぶ）、量子サイズ効果による励起子の閉じ込めやバンドギャップの増大が観測される（J. Chem. Phys., Vol. 80, No. 9, p. 1984）。このようなサイズの半導体には、フォトルミネッセンスにおける量子効率が大きくなるものもあることが報告されている（Phys. Rev. Lett., Vol. 72, No. 3, p. 416, 1994、MRS Bulletin Vol. 23, No. 2, p. 18, 1998および米国特許第5455489号）。この効果を、発光波長が量子サイズ効果で変化しないため比較しやすいMnドープZnS（ZnS:Mn）を例にとって説明する。表1に、メタクリル酸で表面処理したZnS:Mnナノクリスタルと、1 μm 以上の粒径のバルクZnS:Mn粒子とを同じ紫外線ランプによって励起したときの発光の輝度を比較して示す。表1より、ZnS:Mnナノクリスタルでは、バルクZnS:Mn粒子の5倍近く高い輝度が得られていることがわかる。

【0011】

表1

	ナノクリスタル	バルク
輝度	69 cd/m ²	14.2 cd/m ²

このような高い量子効果と量子サイズ効果とが物理的にどのように関係しているかは未だ明確に説明されていないが、電子-正孔対形成による振動子強度の増大、エネルギー準位の量子化による発光に寄与しない状態密度の減少、結晶格子の歪みによる発光中心付近の結晶場の変化の影響、結晶表面処理などが関係していると考えられる。これらのうちどの要素が発光効率に有効に寄与しているかは明らかではないが、以下に説明する励起子ボーア半径以下の大きさの結晶で、発光効率の増大が報告されている。ここで、励起子ボーア半径とは励起子の存在確率の広がりを示すもので、 $4\pi\epsilon_0\hbar^2/me^2$ （ただし、 ϵ_0 は材料の低周波誘電率、 \hbar はプランク定数、 m は電子および正孔の有効質量から得られる換算質量、 e は電子の電荷）で表される。例えば、ZnSの励起子ボーア半径は2 nm程度である。

【0012】最も典型的な量子サイズ効果の例としては、バンドギャップの増大が挙げられる。図1はL. E. Brusらの理論を基に計算したZnSのバンドギャップの結晶サイズ依存性を示す。本来のZnSのバンドギャップは約3.5 eVであるから、直径約8 nmより小さい範囲で量子サイズ効果が大きくなると予測することができ※

※る。この直径の値は励起子ボーア半径の2倍の半径を有する結晶に相当する。したがって、励起子ボーア半径の2倍以下の大きさの結晶からなる蛍光体を用いることで、量子サイズ効果の発光への寄与を利用することができる。

30 【0013】一方、表面処理をしていない結晶では、表面に存在するイオンのダングリングボンドに励起された電子が捕獲され、非発光再結合するため、発光強度が著しく減少する。例えば、表2に示すように、アクリル酸によって表面処理されたZnS:Mnナノクリスタルでは、結晶表面のダングリングボンドが有効にターミネイトされ、表面処理されていない試料に比べて著しく発光強度が増大している。また、図2に示すように、ZnSでキャッピングしたCdSeナノクリスタルでは、同じように結晶表面のダングリングボンドがターミネイトされてだけでなく、量子井戸構造をとることで電子-正孔対がナノクリスタル内に強く閉じ込められ、再結合する。この材料では、キャッピングのないCdSeナノクリスタルに比べ一桁以上高い発光効率を得られ、50%程度の量子効率を得られる。

【0014】

表2

表面処理	アクリル酸	無
輝度	69 cd/m ²	9.4 cd/m ²

(4)

5

蛍光体としてZnSe量子ドットを用いた場合について説明する。本来室温ではZnSeは2.58eVのバンドギャップを有するが、結晶サイズを粒径8.5±1.5nm程度まで小さくすると、量子サイズ効果によりバンドギャップは2.8eV程度に大きくなり、波長435nm付近にバンド端発光が観測される(図3)。ZnSeの励起子ボア半径は4nm程度なので、この蛍光体の結晶粒径はこれとほぼ同程度と考えられる。この蛍光体は、紫外線照射により化学反応を誘起することで、結晶表面のダングリングボンドをターミネイトすることができ、さらに結晶表面に生成される反応物質がポテンシャル障壁となるので、理想的な量子井戸構造を形成することができる。このため、紫外線処理により図4に示すように発光強度を著しく増大させることができる。

【0015】この蛍光体の励起スペクトル(発光強度の励起波長依存性)を図3に示す。図3より、波長270nmおよび波長370nmのところにピークが観測される。これらのうち長波長側の370nmのピークはGaNのバンドギャップに相当していることから、GaNあるいはGaNにInを添加したGaInNを活性層の材料とする紫外線発光ダイオードでこの蛍光体を励起することにより高い発光効率を得られる。また、発光ピークの半値幅も、従来の青色蛍光体に用いられている粒径が数μmのZnS:Agの60nmに比べ、ZnSe量子ドットでは20nm程度と非常に狭いので、色品質の良いディスプレイを実現することが可能である。

【0016】一方、緑色および赤色の蛍光体については、ZnSeの一部のZnをCdで置換したZn_{1-x}Cd_xSe(ただし、0<x≤1)量子ドットを用いることで、バンドギャップを小さくすることができる。そして、このZn_{1-x}Cd_xSe量子ドットにおいて、ZnおよびCdの組成比あるいは結晶サイズを変えることにより、所望の波長の発光を得ることができる。これらの直接バンド間遷移の発光を用いることで、フルカラーディスプレイを実現することができる。

【0017】さらに、上述のようなナノクリスタルからなる赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体を混在させた白色蛍光体を用い、この白色蛍光体をGaN系発光ダイオードの光で励起することにより、白色の照明装置を得ることができる。

【0018】以上のように、量子サイズ効果を示すような微結晶、すなわちナノクリスタルからなる蛍光体には、非常に大きな量子効率を示すものがあるので、このような蛍光体を紫外線発光素子で励起することにより、効率の良い表示装置や照明装置を実現することができる。

【0019】この発明は、本発明者による以上のような検討に基づいて案出されたものである。

【0020】すなわち、上記目的を達成するために、こ

6

の発明の第1の発明は、窒化物系III-V族化合物半導体を用いた発光素子と、発光素子から発せられる光により励起される蛍光体とを有する表示装置において、蛍光体が励起子ボア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることを特徴とするものである。

【0021】この発明の第2の発明は、窒化物系III-V族化合物半導体を用いた発光素子と、発光素子から発せられる光により励起される蛍光体とを有する照明装置であって、蛍光体が励起子ボア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることを特徴とする照明装置である。

【0022】この発明において、好適には、蛍光体を構成する結晶の表面のダングリングボンドがターミネイトされる。また、典型的には、蛍光体を構成する結晶は量子井戸構造を有する。

【0023】この発明において、発光素子は、典型的には、一次元または二次元のアレイ状に配置される。また、これらの発光素子は、典型的には、サファイア基板、SiC基板、ZnO基板などの基板上に窒化物系III-V族化合物半導体を成長させることにより形成される。

【0024】この発明の第1の発明において、典型的な一つの例では、蛍光体は、赤色発光部、緑色発光部および青色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体のそれぞれに対応して発光素子が設けられ、発光素子から発せられる光によりこれらの赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色、緑色および青色を発光するように構成される。また、典型的なもう一つの例では、蛍光体は、赤色発光部および緑色発光部にそれぞれ設けられた赤色蛍光体および緑色蛍光体からなり、これらの赤色蛍光体および緑色蛍光体のそれぞれに対応して発光素子が設けられているとともに、青色発光部に発光素子が設けられ、発光素子から発せられる光によりこれらの赤色蛍光体および緑色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色および緑色を発光するとともに、青色発光部に設けられた発光素子から直接青色を発光するように構成される。

【0025】この発明の第2の発明において、典型的には、蛍光体は赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体が混在した白色蛍光体からなり、発光素子から発せられる光により白色蛍光体を構成する赤色蛍光体、緑色蛍光体および青色蛍光体が励起されてそれぞれ赤色、緑色および青色を発光することにより白色を発光するように構成される。

【0026】この発明において、赤色蛍光体および緑色蛍光体を構成する結晶は例えばZn_{1-x}Cd_xSe(ただし、0<x≤1)からなり、青色蛍光体を構成する結晶は例えばZnSeからなる。

(5)

7

【0027】この発明において、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体は、Ga、Al、InおよびBからなる群より選ばれた少なくとも一種のⅢⅠⅠ族元素と、少なくともNを含み、場合によってさらにAsまたはPを含むV族元素とからなる。この窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体の具体例を挙げると、Ga_{1-x}Al_xN、AlGa_{1-x}In_xN、AlGa_{1-x}In_xN、InNなどである。

【0028】上述のように構成されたこの発明の第1の発明によれば、蛍光体が励起子ボア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなるので、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体を用いた発光素子から発せられる光によりこの蛍光体を励起することにより、蛍光体の量子効率を高くすることができるとともに、蛍光体を構成する結晶のサイズが極めて小さいことにより解像度を高くすることができる。

【0029】上述のように構成されたこの発明の第2の発明によれば、蛍光体が励起子ボア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなるので、窒化物系ⅢⅠⅠ-V族化合物半導体を用いた発光素子から発せられる光によりこの蛍光体を励起することにより、蛍光体の量子効率を高くすることができるとともに、蛍光体を構成する結晶のサイズが極めて小さいことにより、より均一な照明を得ることができる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0031】図5にこの発明の第1の実施形態によるカラー表示装置を示す。図5に示すように、この第1の実施形態によるカラー表示装置においては、表示面積に対応した大きさを有するサファイア基板1上に、Ga_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2が二次元アレイ状に配置されている。このGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2の発光波長は例えば380nm程度である。サファイア基板1としては例えばc面方位のものが用いられる。これらのGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2同士は隔壁3で互いに分離されている。これらのGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2をはさんでサファイア基板1と対向して、サファイア基板1と同じ大きさの紫外線遮断フィルター4がサファイア基板1と平行に設けられている。この紫外線遮断フィルター4のGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2側の主面には、各Ga_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2に対応して蛍光体が設けられている。具体的には、互いに隣接する三つのGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2を一組とし、これらのGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2のそれぞれに対して赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7が設けられている。そして、これらの赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7のそれぞれに対応するGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2から発せられる光が照射されて励

8

起されることにより、それぞれ赤色、緑色および青色を発光するようになっている。この場合、これらの一組の赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7とこれに対応する一組のGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2とにより1画素が形成される。

【0032】Ga_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2の構造の一例を図6に示す。図6に示すように、このGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2は、サファイア基板1上にGa_{1-x}Al_xNバッファ層21、n型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22、n型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層23、Ga_{1-x}Al_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層24、p型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26を順次積層した構造を有する。n型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層23、活性層24、p型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26は所定のメサ形状を有する。そして、p型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26上に例えばTi/Au膜からなるp側電極27がオーミックコンタクトしてるとともに、n型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22上に例えばTi/Al膜からなるn側電極28がオーミックコンタクトしている。

【0033】このGa_{1-x}Al_xN系発光ダイオード2の形成は次のようにして行われる。すなわち、サファイア基板1上に有機金属化学気相成長(MOCVD)法により例えば560℃程度の温度でGa_{1-x}Al_xNバッファ層21を成長させた後、引き続いてMOCVD法により、このGa_{1-x}Al_xNバッファ層21上にn型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22、n型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層23、活性層24、p型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26を順次成長させる。ここで、Inを含まない層であるn型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22、n型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層23、p型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26の成長温度は1000℃程度とし、Inを含む層であるGa_{1-x}Al_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層24の成長温度は700～800℃とする。この後、これらの層にドーブされたn型不純物およびp型不純物の電気的活性化、特にp型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26にドーブされたp型不純物の電気的活性化のための熱処理を行う。この熱処理は、例えば窒素ガス雰囲気中において800℃の温度で行う。次に、p型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26上に所定のストライプ形状のレジストパターン(図示せず)を形成した後、このレジストパターンをマスクとして例えば反応性イオンエッチング(RIE)法によりn型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22に達するまでエッチングする。この後、このレジストパターンを除去する。次に、p型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層26上にp側電極27を形成するとともに、n型Ga_{1-x}Al_xNコンタクト層22上にn側電極28を形成する。次に、基板表面に所定のストライプ形状のレジストパターン(図示せず)を形成した後、このレジストパターンをマスクとして、Ga_{1-x}Al_xNバッファ

(6)

9

層21、n型Ga_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層24、p型AlGa_{1-x}In_xNクラッド層25およびp型Ga_{1-x}In_xNコンタクト層26をエッチングする。以上により、Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2が互いに分離された状態で二次元アレイ状に形成される。

【0034】この第1の実施形態において、赤色蛍光体5としては、例えば粒径6～10nmの例えばx=0.90のZn_{1-x}Cd_xSeからなるナノクリスタルあるいはZn_{1-x}Cd_xSe量子ドットからなるものが用いられる。また、緑色蛍光体6としては、例えば粒径6～10nmの例えばx=0.38のZn_{1-x}Cd_xSeからなるナノクリスタルあるいはZn_{1-x}Cd_xSe量子ドットからなるものが用いられる。また、青色蛍光体7としては、粒径6～10nm程度のZnSeからなるナノクリスタルあるいはZnSe量子ドットからなるものが用いられる。

【0035】上述のように構成されたこの第1の実施形態によるカラー表示装置においては、入力信号に応じた電流を各Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2に注入し、各Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2から発生される光により赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7を励起することで、フルカラーの表示を行うことができる。

【0036】以上のように、この第1の実施形態によれば、赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7とも、励起子ボーア半径以下の粒径の結晶、すなわちナノクリスタルからなることにより、高輝度、高解像度、低消費電力のフルカラーフラット型ディスプレイを実現することができる。

【0037】図7はこの発明の第2の実施形態によるカラー表示装置を示す。図7に示すように、この第2の実施形態によるカラー表示装置においては、青色蛍光体7が設けられていない。また、Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2の発光波長は460nm程度である。この場合、青色発光部においては、Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2から発せられる青色の光がそのまま紫外線遮断フィルター4を通過して外部に放出される。その他のことは、第1の実施形態によるカラー表示装置と同様であるので、説明を省略する。

【0038】この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様の利点を有する。

【0039】図8はこの発明の第3の実施形態による照明装置を示す。図8に示すように、この第3の実施形態による照明装置においては、所定の大きさを有するサファイア基板1上に、Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2が二次元アレイ状に配置されている。このGa_{1-x}In_xN系発光ダイオード2の発光波長は例えば380nm程度である。サファイア基板1としては例えばc面のものが用いられる。これらのGa_{1-x}In_xN系発光ダイオード2同士は隔壁3で互いに分離されている。これらのGa_{1-x}In_xN系発光ダイオード2を

10

はさんでサファイア基板1と対向して、サファイア基板1と同じ大きさの紫外線遮断フィルター4がサファイア基板1と平行に設けられている。この紫外線遮断フィルター4のGa_{1-x}In_xN系発光ダイオード2側の主面には、各Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2に対応して白色蛍光体8が設けられている。そして、これの白色蛍光体8に対応するGa_{1-x}In_xN系発光ダイオード2から発せられる光が照射されて励起されることにより、白色を発光するようになっている。

【0040】Ga_{1-x}In_xN系発光ダイオード2の構造および形成方法は第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0041】この第3の実施形態において、白色蛍光体8としては、第1の実施形態において用いた赤色蛍光体5、緑色蛍光体6および青色蛍光体7をそれぞれ構成する3種類のナノクリスタルを混在させたものからなるものが用いられる。

【0042】この第3の実施形態によれば、高輝度かつ低消費電力のフラット型照明装置を実現することができる。また、従来の照明装置と異なり、全固体で機械的強度の非常に高い照明装置を実現することができる。

【0043】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0044】例えば、上述の第1、第2および第3の実施形態において挙げた数値、構造、基板、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、基板、プロセスなどを用いてもよい。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の第1の発明によれば、蛍光体が励起子ボーア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることにより、高輝度、高解像度、低消費電力、薄型の表示装置を実現することができる。

【0046】この発明の第2の発明によれば、蛍光体が励起子ボーア半径の2倍以下の粒径を有する結晶からなることにより、高輝度、低消費電力、薄型の照明装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ZnSのバンドギャップエネルギーの結晶サイズ依存性を示す略線図である。

【図2】CdSe量子ドットを示す断面図およびエネルギーバンド図である。

【図3】室温で測定されたフォトルミネッセンススペクトルおよび励起スペクトルを示す略線図である。

【図4】ZnSe量子ドットのフォトルミネッセンス強度を紫外線照射時間の関数として表した略線図である。

【図5】この発明の第1の実施形態によるカラー表示装置を示す断面図である。

(7)

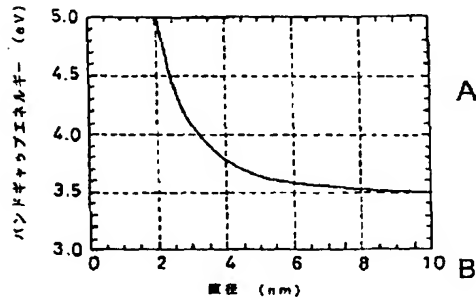
11

【図6】この発明の第1の実施形態によるカラー表示装置におけるGaN系発光ダイオードの構造例を示す断面図である。

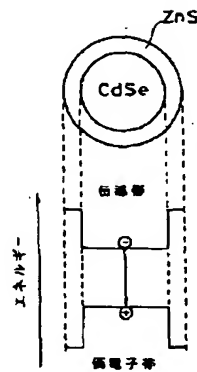
【図7】この発明の第2の実施形態によるカラー表示装置を示す断面図である。

【図8】この発明の第3の実施形態による照明装置を示

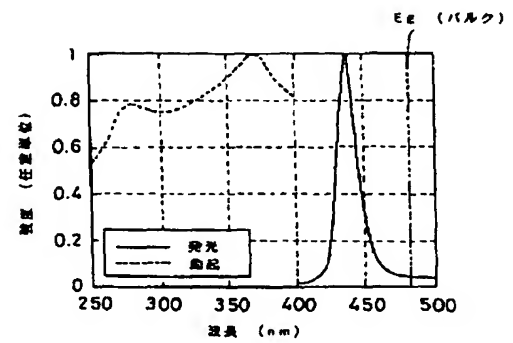
【図1】



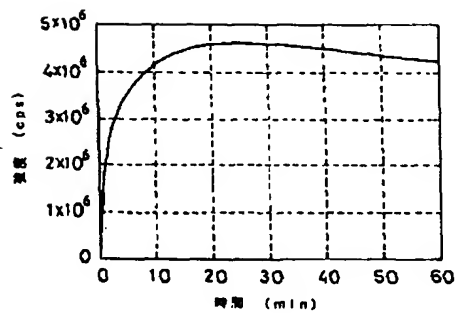
【図2】



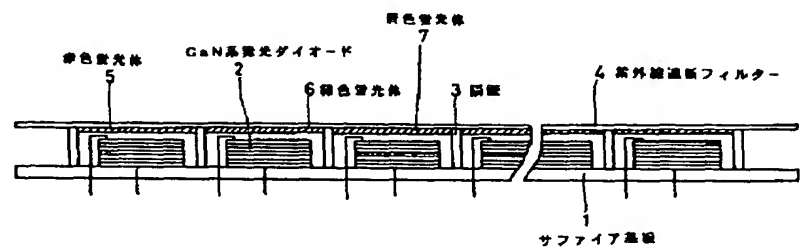
【図3】



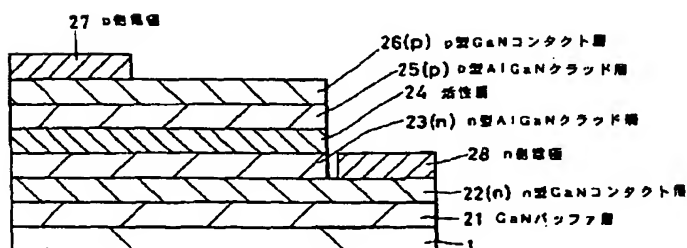
【図4】



【図5】

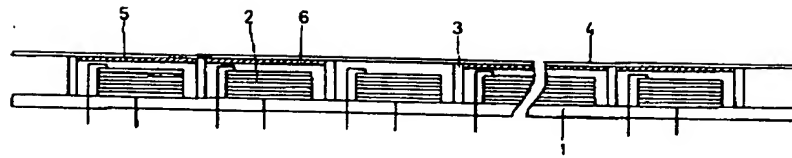


【図6】



(8)

【図7】



【図8】

